



Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha  
ISSN: 1665-0204  
rbaez@ciad.mx  
Asociación Iberoamericana de Tecnología  
Postcosecha, S.C.  
México

## Compatibilidad y calidad de una mezcla de frutas frescas cortadas envasadas en atmósfera modificada

**Valerga, Lucía; Darré, Magalí; Irigoiti, Yanet; Concellón, Analía; Lemoine, María Laura**

Compatibilidad y calidad de una mezcla de frutas frescas cortadas envasadas en atmósfera modificada

Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, vol. 19, núm. 1, 2018

Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, S.C., México

**Disponible en:** <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81355612007>

# Compatibilidad y calidad de una mezcla de frutas frescas cortadas envasadas en atmósfera modificada

Fresh cut fruits packed in a modified atmosphere:  
Compatibility and quality

Lucía Valerga

*Universidad Nacional de La Plata, Argentina*

Magalí Darré

*Universidad Nacional de La Plata, Argentina*

Yanet Irigoiti

*Universidad Nacional de La Plata, Argentina*

Analía Concellón

*Universidad Nacional de La Plata, Argentina*

María Laura Lemoine<sup>1 2</sup> laurilemoine@yahoo.com

*Universidad Nacional de La Plata, Argentina*

Revista Iberoamericana de Tecnología  
Postcosecha, vol. 19, núm. 1, 2018

Asociación Iberoamericana de  
Tecnología Postcosecha, S.C., México

Recepción: 18 Enero 2018  
Aprobación: 02 Abril 2018  
Publicación: 30 Junio 2018

Redalyc: [http://www.redalyc.org/  
articulo.oa?id=81355612007](http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81355612007)

**Resumen:** Las frutas son esenciales en la dieta, por su alto contenido de antioxidantes y nutrientes. Su comercialización como mezcla de frutas frescas cortadas resulta atractiva, de fácil acceso y rápido consumo. En este trabajo se evaluó la calidad de frutas frescas cortadas, envasadas en forma individual y/o combinada, almacenadas en refrigeración. Se utilizaron manzanas (Mz-Granny Smith), kiwis (Kw-Hayward) y mandarinas (Mn-Encore) en madurez comercial

Las frutas fueron lavadas con agua clorada (100 ppm ClONa, 5 min), peladas (excepto Mz), cortadas o separadas en gajos y la Mz fue tratada con ácidos cítrico y ascórbico (1% p/v, 3 min). Se envasaron 180 g en envases PET de 500mL con tapa y se almacenaron a 5 °C por 6, 10 y 13 días. Se midió la concentración de CO<sub>2</sub> y etileno, el contenido de sólidos solubles, acidez titulable, color, fenoles totales y capacidad antioxidante. La combinación Mn+Mz, presentó el menor deterioro a 10 días y valores intermedios de etileno y CO<sub>2</sub> en el envase. La combinación Mz+Kw alcanzó altos niveles de etileno provocando mayor deterioro. La acidez titulable y sólidos solubles no fueron afectados durante el almacenamiento de las frutas en forma individual o combinada. La Mz de la combinación Mn+Mz fue la que mejor conservó el color (Hue, L\*), luego de 10 días. Los resultados sugieren que la combinación de Mn+Mz llegó a los 10 días de almacenamiento a 5 °C con mejor calidad que las respectivas frutas envasadas en forma individual, logró una atmósfera que no superó los 5 kPa de CO<sub>2</sub> y brindó mayor aporte de compuestos antioxidantes que las respectivas frutas solas. La combinación Mn+Mz +Kw también mostró ciertos beneficios, pero fue condicionada por la susceptibilidad del kw al deterioro. Esta información puede ser tenida en cuenta por la industria a la hora de buscar un producto conveniente para el consumidor y al mismo tiempo con buena capacidad de conservación.

**Palabras clave:** manzana, kiwi, mandarina, capacidad antioxidante, etileno, dióxido de carbono.

**Abstract:** Fruits are essential in the diet due to high antioxidants and nutrients content. Their marketing as a salad fresh-cut fruits is attractive, accessible and fast consumption. In this work, the quality of fresh-cut fruits, packaged individually or combined, and stored at refrigeration was evaluated. Apples (A-Granny Smith), kiwifruits (K-

Hayward) and mandarins (M-Encore) at commercial maturity stage were used. Fruits were washed with chlorinated water (100 ppm, 5 min), peeled (except A), cut or separated into segments and apples were treated with citric and ascorbic acid (1% w/v, 3 min). 500mL PET packs containing 180 g were stored at 5 °C for 6, 10 and 13 days. The combination M+A, presented the lowest deterioration at 10 days and intermediate values of ethylene and CO<sub>2</sub> in the pack. The combination A+K reached high levels of ethylene causing greater deterioration. The titratable acidity and soluble solids were not affected during the storage of fruits individually or in combination, with the exception of K. The A of the combination M+A was the best preserved the color (Hue, L\*), after 10 days. The results suggest that the combination of M+A reached 10 days of storage at 5 °C with better quality than the fruits packaged individually, achieved an atmosphere that did not exceed 5 kPa of CO<sub>2</sub> and provided a greater contribution of compounds antioxidants than the respective fruits alone. The combination M+A+K also showed certain benefits, but was conditioned by the susceptibility of the k to deterioration. This information can be taken into account by the industry when looking for a convenient product for the consumer and at the same time with good storage capacity.

**Keywords:** apple, kiwifruit, mandarin, antioxidant capacity, ethylene, carbon dioxide.

## INTRODUCCION

Las frutas y hortalizas deberían constituir una parte importante de la dieta gracias a su valiosa composición nutricional y por aportar sustancias con funciones fisiológicas definidas, brindando beneficios para la salud (FAO, 2006). Varios de estos efectos beneficiosos se atribuyen a la presencia de antioxidantes que actúan secuestrando radicales libres (Rico y col., 2007). Así, las frutas y hortalizas frescas cortadas (mínimamente procesadas o listas para usar) constituyen una alternativa que permite incrementar la ingesta ya que constituyen una fuente importante de estos compuestos. El procesamiento de vegetales promueve un rápido deterioro fisiológico y cambios bioquímicos debido a los pasos de lavado, pelado y cortado (Varoquaux y Wiley, 1994). Los productos frescos cortados son diferentes de los productos enteros en términos de su fisiología y requerimientos de manipulación y almacenamiento. El envasado en atmósfera modificada y la refrigeración contribuyen a aumentar la vida útil (Kader, 2005), aunque, debe prestarse atención a los niveles de etileno y CO<sub>2</sub> acumulados (Mahajan y col., 2014) y en consecuencia a la sensibilidad de los productos a estos compuestos. Si se envasan frutas con diferente producción de etileno, el etileno producido por una de ellas podría afectar la actividad metabólica y alterar la respiración y la senescencia de las otras frutas componentes de la mezcla. Productos como la manzana tienden a producir elevados niveles de etileno, según informa Mitcham y col. (2015), la manzana “Granny Smith” tiene una tasa de producción de etileno de 1 a 6  $\mu\text{L kg}^{-1}\text{h}^{-1}$  a 0,5 °C, mientras que el kiwi presenta una baja producción de etileno menos de 0.1  $\mu\text{L kg}^{-1}\text{h}^{-1}$  a 0,5 °C pero es muy sensible a esta hormona (Beever y Hopkirk, 1990); además estos autores sugirieron que en kiwi, el etileno actúa como un factor determinante de la velocidad de maduración, más que como un factor iniciador, y por lo tanto su maduración y senescencia se ven acelerados, con la consecuente disminución de su vida útil (Kader, 2005). La mandarina también presenta una baja tasa de producción de etileno,

menor a  $0.1 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$  a  $20^\circ\text{C}$ , y puede verse afectada por la presencia del mismo.

En una mezcla de frutas el  $\text{CO}_2$  acumulado dentro del envase puede superar los niveles tolerados por alguna de las frutas presentes, más precisamente, el  $\text{CO}_2$  generado por frutas climatéricas como el kiwi y la manzana podría afectar la calidad de la mandarina generando productos como acetaldehído y etanol (Del Valle y col., 2009). Por ello resulta crucial la elección de los productos a combinar en el envase, no sólo para que resulte atractiva para los consumidores sino también por su aporte nutricional, su compatibilidad o la posibilidad de que puedan contribuir a mantener una mejor calidad integral de las frutas en conjunto. Estos aspectos no han sido prácticamente estudiados, se hallan sólo algunos reportes de mezclas de frutas (Mahajan y col., 2014) y no hay estudios que evalúen la compatibilidad y calidad de mezclas de frutas.

El objetivo del presente trabajo fue preparar envases con diferentes combinaciones de frutas cortadas de mandarina, manzana y kiwi y evaluar su compatibilidad para encontrar la combinación que mantenga mejor su calidad organoléptica y nutricional durante el almacenamiento.

## METODOLOGIA

### *Material vegetal y procesamiento*

Se trabajó con mandarinas (Mn- *Citrus reticulata* cv Encore), kiwis (Kw- *Actinidia chinensis* cv Hayward) y manzanas (Mz- *Malus domestica* cv Granny Smith) que fueron obtenidas en el mercado en estado de madurez comercial y trasladadas al laboratorio. Los lotes de cada fruta se homogeneizaron según el tamaño y se eliminaron aquellos frutos con lesiones y defectos.

Se acondicionaron de la siguiente manera:

- I. Lavado: Se lavó cada fruto con agua y detergente, enjuagando con abundante agua corriente.
- II. Sanitización: Las frutas se sumergieron en una solución clorada (100ppm  $\text{ClONa}$ ) por 3 min.
- III. Secado: Se secaron colocándolas sobre papel absorbente.
- IV. Pelado y/o procesado: a) Las mandarinas se pelaron y separaron en sus respectivos gajos; b) Las manzanas no se pelaron, pero se cortaron longitudinalmente en 16 gajos por fruto; c) Los kiwis fueron pelados y cortados longitudinalmente en 8 gajos por fruto.
- V. Tratamiento antiparadeante: Sólo las manzanas fueron tratadas por inmersión en una solución de ácidos ascórbico y cítrico 1% p/v por 1 min y fueron escurridas sobre una malla.
- VI. Envasado: Se realizaron 7 combinaciones: a-Mn, b-Mz, c-Kw, d-Mn+Mz, e-Mn+Kw, f-Mz+Kw, y g-Mn+Mz+Kw. Se colocaron 180 g de fruta en potes de tereftalato de poliestireno (PET) de 500 mL con tapa. Se prepararon 10 potes por cada

combinación. Para la fruta envasada de forma individual los potes se llenaron con 180 g de la respectiva fruta (a, b y c). Para el caso de las combinaciones dobles (d y e) se colocó 90 g de cada fruta en los potes y para la combinación triple (f) los potes se llenaron con 60 g de cada fruta.

VII. Almacenamiento: se pre-enfriaron a 0 °C por 1h, se taparon y se almacenaron a 5 °C durante 0, 6 y 13 días.

En cada día de muestreo se evaluó el índice de deterioro, CO<sub>2</sub> y etileno. Las frutas se analizaron en fresco o se congelaron en N<sub>2</sub> líquido y reservaron a -20 °C hasta su uso.

### *Índice de deterioro (ID)*

Visualmente se evaluó el avance del deterioro durante el almacenamiento mediante un índice, donde se definió una escala de 5 niveles siendo:

1. *Excelente estado de la fruta.*
2. *Buen estado general.*
3. *Aún apto para su comercialización.*
4. *No apto para consumo por poseer desarrollo incipiente de microorganismos.*
5. *No apto para el consumo y con un deterioro visual muy importante.*

A lo largo del almacenamiento, se les otorgó el puntaje mencionado anteriormente a cada una de las frutas, con los cuales luego se calculó el índice de deterioro (ID):

Para el caso de frutas individuales:

$$ID = \frac{\sum (\text{Categoría} \times \text{N}^\circ \text{potes categoría})}{\text{N}^\circ \text{total de potes}}$$

En el caso de las combinaciones se realizó el ID para cada una de las frutas, y luego un promedio de los ID obtenidos.

### *Atmósfera interna del pote: CO<sub>2</sub> y etileno*

Se tomaron 250 µL de muestra del espacio de cabeza del pote y se inyectaron en un cromatógrafo gaseoso (Agilent Technologies, Serie 7890A) equipado con una columna Supelco Carboxin 1010 Plot (30 m x 530 µm, 15 µm) y con detectores de conductividad térmica (TCD) a 250°C y de ionización de llama (FID) a 300°C situados en serie. Se utilizó helio como gas portador. La determinación se llevó a cabo en forma isotérmica a 170 °C, con un caudal de 9 mL/min. El tiempo de retención fue de 2 min para CO<sub>2</sub> y 4,5 min para etileno, con un tiempo

final de 6 min. Se analizaron 3 muestras por cada condición y día de almacenamiento.

Se realizaron las curvas de calibración de CO<sub>2</sub> y etileno. Los resultados se expresaron como % CO<sub>2</sub> y ppm etileno.

### *Color superficial*

Se determinó con un colorímetro (Konica Minolta, Modelo CR-400). Se obtuvieron los parámetros de color CIE Lab: L\*, a\*, b\*; el valor de Hue (tono del color) se calculó como  $(180\text{tg}^{-1}(b^*/a^*))$ . Se realizaron al menos 30 medidas para cada condición y día de almacenamiento.

### *Sólidos solubles (SS)*

Se retiraron la piel y las semillas de los gajos de mandarina, mientras que los gajos de kiwi y manzana se emplearon completos. Los gajos de fruta fueron procesados por separado, utilizando un mixer (Braun, MR400). Se filtró el jugo para luego determinar el contenido de sólidos solubles empleando un refractómetro (HI 96801, 0-85% Brix). Se realizaron 3 medidas para cada condición y día de almacenamiento.

### *Acidez titulable (AT)*

Se procesó el tejido de cada fruta de forma similar a lo descripto para SS. Se pesaron 10 g de tejido procesado y agregó agua destilada hasta completar 100 mL. Se tituló en forma directa con NaOH 0,1N. Se empleó fenolftaleína y un pH-metro para indicar el cambio de pH=8,2. Los resultados se expresaron como porcentaje de ácido cítrico.

### *Compuestos fenólicos totales*

Los gajos de cada fruta en forma separada se congelaron en N<sub>2</sub> líquido y trituraron en molinillo. Del polvo resultante se pesaron 2, 1 y 3 g para Mn, Kw y Mz, respectivamente, y se mezclaron con 10 mL de etanol 96% v/v. La mezcla se agitó por 5 min y luego se centrifugó a 12.000 x g por 10 min a 3 °C en una centrífuga (Sorvall RS 5B). Se tomó el sobrenadante y cuantificaron los compuestos fenólicos según Zaro y col., (2014) empleando el reactivo Folin-Ciocalteu. Se utilizó ácido gálico como estándar. El resultado se expresó como miligramo de ácido gálico por kilogramo de tejido. Se prepararon 2 extractos de cada fruta y tiempo de almacenamiento y los mismos se analizaron por triplicado.

### *Capacidad antioxidante*

Se emplearon extractos etanólicos obtenidos como se menciona para compuestos fenólicos totales. La determinación de la actividad

antioxidante se llevó a cabo según Zaro y col., (2014) mediante el método del catión radical ABTS<sup>+</sup>. Se calculó la capacidad antioxidante utilizando Trolox® como patrón. Los resultados se expresaron como capacidad antioxidante, en miligramos equivalentes de Trolox por kilogramo de tejido.

#### *Análisis estadístico*

Se analizaron los atributos de color, sólidos solubles, acidez titulable, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante para cada fruta en forma separada, tanto si fueron envasadas en forma individual o combinada.

Las experiencias se realizaron de acuerdo a un diseño factorial, siendo los factores la forma de presentación y el tiempo de almacenamiento. Los datos se analizaron por medio de un ANOVA y las medias se compararon con una prueba LSD de Fisher con un nivel de significancia  $p < 0,05$ .

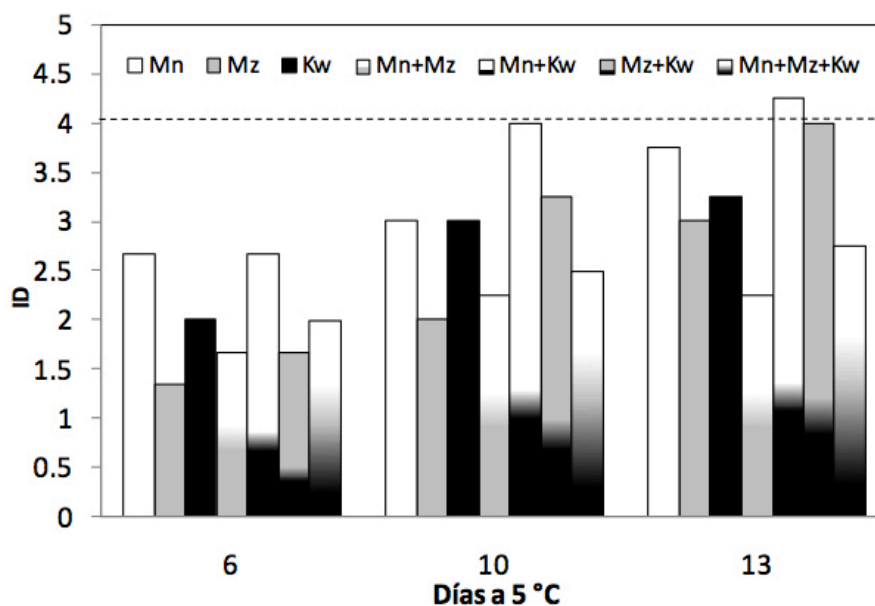
## RESULTADOS Y DISCUSION

#### *Índice de deterioro*

Durante el almacenamiento se pudo observar que cada fruta presentó diferentes síntomas de deterioro. En el caso de la mandarina se observó translucidez y presencia de exudado. En la manzana el principal factor de pérdida de calidad fue el pardeamiento, mientras que en el kiwi se observó el oscurecimiento de la pulpa.

La Figura 1 muestra el avance del deterioro de los frutos durante el almacenamiento a 5 °C. Los frutos se conservaron como consumibles durante todo el almacenamiento con excepción de Mn+Kw hacia los 13 días. Sin embargo, se presentaron distintos grados de deterioro en función de que las frutas se almacenen solas o en diferentes combinaciones. Por ejemplo, los potes con Mn sola a los 6 días tuvieron un ID de 2,7; mientras que el ID en los envases de Mn+Mz fue de aproximadamente 1,7 (Figura 1). Los envases con Mn+Mz+Kw también presentaron un bajo ID (<3) durante el almacenamiento. Por otra parte, a los 10 días los potes con Mn +Kw tuvieron un deterioro mayor en comparación a las respectivas frutas almacenadas solas.





**Figura 1**

Índice de deterioro (ID) de la mezcla de frutas conteniendo gajos de mandarina (Mn), manzana (Mz) y kiwi (Kw) en forma individual o combinada (Mn+Mz, Mn+Kw, Mz+Kw, Mn+Mz+Kw) almacenados por 6, 10 y 13 días a 5 °C. LSDID= 0,59.

La línea segmentada indica el valor máximo tolerable para considerar al producto como consumible.

Fuente: elaboración propia.

Las frutas mínimamente procesadas disminuyen el período de vida útil respecto de las frutas enteras. Así, cuando se almacenaron mandarinas en forma mínimamente procesada a 3 °C, su vida útil descendió desde 35 días (mandarina entera) a 26-20 días (Santos y col., 2012). Por otra parte, para retrasar el pardeamiento superficial de frutas como la manzana, se suele tratar con soluciones antipardeantes (Manzocco y col., 2011), aunque no siempre son efectivos. El empleo de ácido cítrico 0,5% no fue efectivo en retrasar el pardeamiento de segmentos de manzana Fuji almacenada a 5 °C (Chen y col., 2016). Por lo que se debe lograr la mejor condición de trabajo en cada caso particular. En este trabajo se utilizó ácido cítrico y ascórbico como antipardeante en la manzana, productos presentes habitualmente en frutas, y la concentración 1% fue la que logró retrasar el pardeamiento de los gajos de manzana Granny Smith de manera más efectiva (datos no mostrados).

En resumen en cuanto al ID las combinaciones Mn+Mz y Mn+Mz+Kw resultaron favorables, contrariamente a las mezclas Mz+Kw y Mn+Kw que presentaron mayor deterioro.

#### *Atmósfera interna del pote: CO<sub>2</sub> y etileno*

Luego de 1 día de almacenamiento la concentración de CO<sub>2</sub> en todos los pots fue similar, aproximándose a los 4 kPa de CO<sub>2</sub>, una acumulación rápida probablemente debida al estrés por el corte de los frutos. Hacia los 6 días a 5 °C, el nivel de CO<sub>2</sub> se incrementó hasta 6-8 kPa en los pots con kiwi solo o sus combinaciones. Estos mismos valores se mantuvieron a los

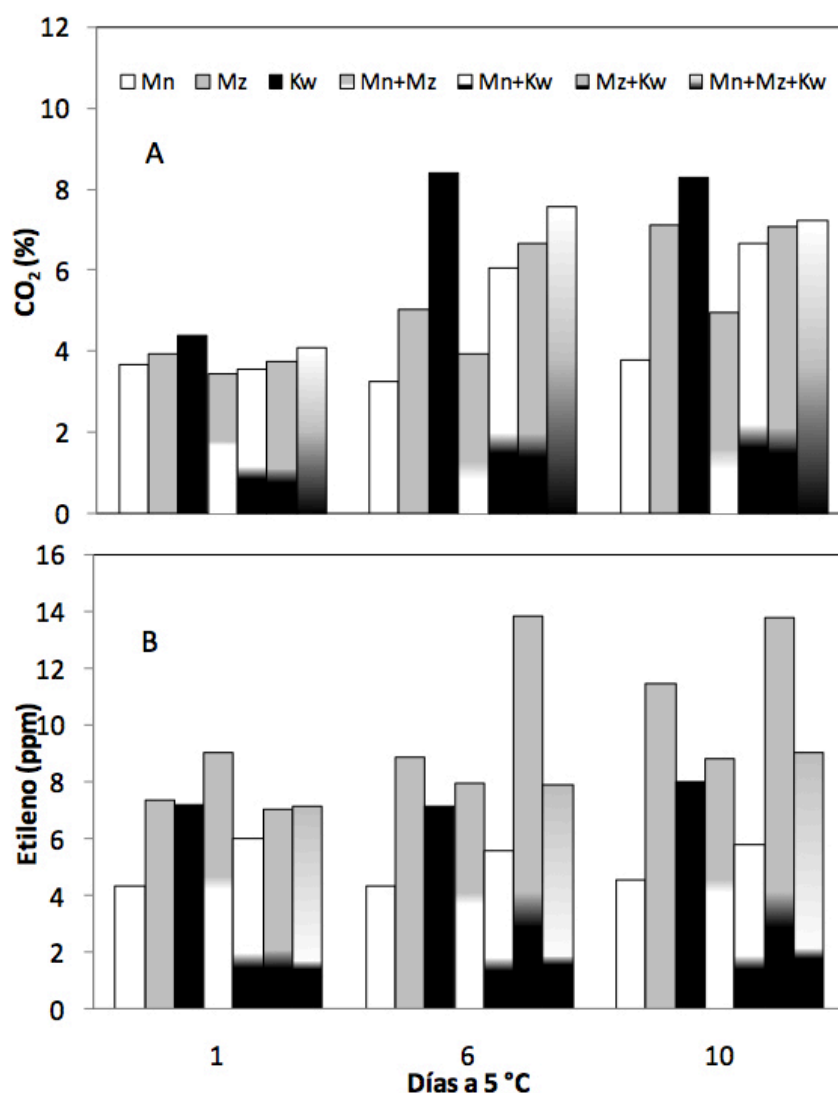


10 días. Este incremento de CO<sub>2</sub> pudo estar relacionado al aumento de la tasa respiratoria debido al mayor daño del tejido de este fruto altamente perecedero, incluso a 5 °C. Los pots con Mn sola y Mn+Mz concluyeron el almacenamiento con presiones parciales de CO<sub>2</sub> próximas a 4 y 5 kPa respectivamente (Figura 2A).

Es de destacar que los niveles de CO<sub>2</sub> acumulados en la atmósfera interna de los pots a los 10 días se encontró dentro de los rangos que han sido reportados como tolerables por las frutas cortadas (Oliveira y col., 2015). Gajos de Kw almacenados en atmósfera modificada alcanzaron cerca de 8% de CO<sub>2</sub> luego de 8-10 días de estar almacenados a 4 °C (Mastromatteo y col., 2011). Segmentos de mandarina Avana y Satsuma terminaron el almacenamiento de 12 días a 4 °C teniendo una atmósfera constituida por 8-9% CO<sub>2</sub> y 4% de CO<sub>2</sub> dependiendo de los distintos empaques utilizados (Piga y col., 2002). En el caso de gajos de Mz se ha encontrado que atmósferas de hasta 7% de CO<sub>2</sub> ha sido beneficiosas para mantener la calidad (Rojas-Grau y col., 2007)

Producto del normal metabolismo de la fruta cortada se observó una acumulación de etileno en todos los pots ya en el primer día de almacenamiento (Figura 2B). Podemos observar que los pots con Mn y Mn+Kw fueron los que menor cantidad de etileno acumularon durante el almacenamiento. Dada la alta sensibilidad del kiwi a esta hormona, *a priori* podríamos pensar una buena conservación de los pots con Mn +Kw, sin embargo esto no fue así, y los pots con estos frutos mostraron un alto grado de deterioro (Figura 1) y elevada acumulación de CO<sub>2</sub> (Figura 2A). Por otro lado, la concentración de etileno fue mayor en los pots conteniendo Mz sola o Mz+kw, llegando a niveles de 11-14 ppm al final del almacenamiento, valores bajos pero que pueden ser perjudiciales para los kiwis, tal y como lo refleja el ID de la Figura 1.

Al comparar la concentración de CO<sub>2</sub> y etileno en el pote (Figura 2A y 2B) con el ID (Figura 1), se observa que la combinación Mn+Mz mostró concentraciones de CO<sub>2</sub> y etileno moderadas y el menor ID. En el caso de Kw hubo un aumento en la concentración de CO<sub>2</sub> debido al deterioro del tejido a lo largo del almacenamiento, esto se reflejó en una mayor acumulación de CO<sub>2</sub> en todos los pots que contenían Kw.



**Figura 2**

Contenido de A) etileno y B) CO<sub>2</sub> en la atmósfera interna de los potes conteniendo gajos de mandarina (Mn), manzana (Mz) y kiwi (Kw) en forma individual o combinada (Mn+Mz, Mn+Kw, Mz+Kw, Mn+Mz+Kw) almacenados por 1, 6 y 10 días a 5 °C.  $LSD_{CO_2} = 1,83$ ,  $LSD_{etileno} = 2,34$ .

Fuente: elaboración propia.

La combinación Mz+Kw también mostró un elevado ID, con lo que no sería una alternativa de mezcla de frutas a emplear, debido a la gran producción de etileno por parte de la Mz y tal vez a la gran sensibilidad del Kw al etileno que estaría causando un avance de la maduración y senescencia de este último. Sin embargo, las combinaciones de una fruta climatérica con una no-climatérica o la combinación triple permitieron moderar los contenidos de CO<sub>2</sub> y etileno acumulados en el envase. Así Mn+Mz y Mn+Mz+Kw mostraron valores intermedios de acumulación de estos gases y a su vez los mejores ID, según se detallara anteriormente.

### *Sólidos solubles, acidez titulable y color*

Al inicio del almacenamiento, los valores hallados de SS y AT para mandarina fueron de 13,3 °Brix y 0,36 % de ácido cítrico respectivamente (Tabla 1), valores similares a los reportados por Damiani y col. (2008) y Del Caro y col. (2004), con diferencias mínimas asociadas a la variedad de mandarina y/o su estado de madurez. Dichos valores se mantuvieron constantes a lo largo del almacenamiento, y sin diferencias entre los envases de fruta individual o combinada. Tampoco se observaron diferencias significativas en los parámetros de color  $L^*$  y Hue, que se mantuvieron en torno a valores de 48 y 78 respectivamente (Tabla 1).

Para manzana se hallaron valores de 12,1 °Brix y 0,62 % de ácido cítrico (Tabla 1) valores similares fueron reportados por (Toranzo, 2015). A lo largo del almacenamiento, el contenido de SS no mostró mayores diferencias estando sola o combinada con las otras frutas. La AT disminuyó ligeramente para la manzana envasada en forma individual o en las combinaciones de tres frutas, probablemente debido al consumo de ácidos propios del fruto durante la respiración (Fonseca y col., 2002). En cambio, en la Mz de las combinaciones Mn+Mz y Mz+Kw la AT se mantuvo constante durante el almacenamiento. En cuanto al color se observó una ligera disminución de los parámetros Hue y  $L^*$  a lo largo del almacenamiento, es decir un ligero oscurecimiento probablemente debido al pardeamiento enzimático derivado de la polifenol-oxidasa (Toivonen y Brummel, 2008). Sin embargo, en las combinaciones Mn+Mz y Mn+Mz+Kw se observó un menor pardeamiento manteniendo prácticamente los mismos valores de  $L^*$  y Hue que al inicio del almacenamiento. Este efecto pudo deberse a la acidez aportada por la mandarina y el kiwi. Por otro lado, la combinación de Mn+Mz fue la única que no superó los 5 kPa de  $CO_2$  durante todo el almacenamiento (Figura 2B). Es posible que las concentraciones de  $CO_2$  superiores alcanzadas por las demás combinaciones puedan causar daño fisiológico y producción de off-flavor en manzana (Cortellino y col., 2015).

Para kiwi los valores de SS y AT hallados fueron de 13,8 °Brix y 1,3% (Tabla 1) valores próximos a los hallados por otros autores (Godoy y col., 2010, Marsh y col., 2004). Durante el almacenamiento, el contenido de SS aumentó solo para kiwi envasado en forma individual, probablemente debido a un avance en la maduración. La AT disminuyó a lo largo del almacenamiento independientemente de las combinaciones ensayadas, quizás también por un avance en la maduración. Tapia Durán (2012), observó una tendencia similar en kiwi almacenado a 0 °C. En referencia al color, los frutos comenzaron con un  $L^*$  y Hue en torno a 51 y 115 respectivamente. El  $L^*$  fue el parámetro que más varió durante el almacenamiento especialmente en las combinaciones de kiwi con las otras frutas (Tabla 1). El kiwi procesado es muy susceptible al deterioro incluso a 0 °C y tiende a oscurecerse y perder brillo durante el almacenamiento (Boquete y col., 2004). Aquí se observó que este cambio de color del kiwi fue el principal factor limitante en la conservación en las mezclas de fruta.

Tabla 1

Sólidos solubles (SS), acidez titulable (AT) y color superficial (Hue y L\*) de cada fruta: mandarina (Mn), manzana (Mz) y kiwi (Kw) en los pots conteniendo fruta individual o combinada (Mn+Mz, Mn+Kw, Mz+Kw, Mn+Mz+Kw) almacenados por 0, 6 y 10 días a 5 °C.

Fruta analizada	Días a 5°C											
	SS (°Brix)			AT (%)			HUE			L*		
	0	6	10	0	6	10	0	6	10	0	6	10
<b>Mandarina</b>												
Mn	13,3 <sup>a</sup>	13,1 <sup>ab</sup>	12,6 <sup>ab</sup>	0,36 <sup>a</sup>	0,30 <sup>a</sup>	0,29 <sup>a</sup>	78,2 <sup>ab</sup>	78,9 <sup>bc</sup>	78,6 <sup>bc</sup>	48,0 <sup>ab</sup>	48,8 <sup>ab</sup>	47,2 <sup>a</sup>
Mn+Mz	13,3 <sup>a</sup>	13,5 <sup>a</sup>	13,5 <sup>a</sup>	0,36 <sup>a</sup>	0,34 <sup>a</sup>	0,33 <sup>a</sup>	78,2 <sup>ab</sup>	78,3 <sup>ab</sup>	78,4 <sup>ab</sup>	48,0 <sup>ab</sup>	48,3 <sup>ab</sup>	47,9 <sup>ab</sup>
Mn+Kw	13,3 <sup>a</sup>	13,0 <sup>ab</sup>	13,0 <sup>ab</sup>	0,36 <sup>a</sup>	0,37 <sup>a</sup>	0,37 <sup>a</sup>	78,2 <sup>ab</sup>	78,1 <sup>ab</sup>	78,3 <sup>ab</sup>	48,0 <sup>ab</sup>	47,7 <sup>ab</sup>	48,2 <sup>ab</sup>
Mn+Mz+Kw	13,3 <sup>a</sup>	13,1 <sup>ab</sup>	13,0 <sup>ab</sup>	0,36 <sup>a</sup>	0,30 <sup>a</sup>	0,33 <sup>a</sup>	78,2 <sup>ab</sup>	77,5 <sup>a</sup>	79,4 <sup>c</sup>	48,0 <sup>ab</sup>	48,4 <sup>b</sup>	47,7 <sup>ab</sup>
LSD		0,64			0,18			0,8			1,1	
<b>Manzana</b>												
Mz	12,1 <sup>abc</sup>	12,5 <sup>cd</sup>	12,6 <sup>de</sup>	0,62 <sup>d</sup>	0,56 <sup>c</sup>	0,50 <sup>a</sup>	106,4 <sup>a</sup>	104,9 <sup>b</sup>	100,0 <sup>d</sup>	78,8 <sup>bc</sup>	78,6 <sup>b</sup>	77,3 <sup>a</sup>
Mz+Mn	12,1 <sup>abc</sup>	12,4 <sup>bcd</sup>	12,4 <sup>bcd</sup>	0,62 <sup>d</sup>	0,60 <sup>bc</sup>	0,60 <sup>bc</sup>	106,4 <sup>a</sup>	106,4 <sup>a</sup>	104,6 <sup>b</sup>	78,8 <sup>bc</sup>	79 <sup>bcd</sup>	79 <sup>bcd</sup>
Mz+Kw	12,1 <sup>abc</sup>	12,3 <sup>ab</sup>	12,1 <sup>bc</sup>	0,62 <sup>d</sup>	0,60 <sup>bc</sup>	0,60 <sup>bc</sup>	106,4 <sup>a</sup>	102,1 <sup>c</sup>	98,3 <sup>e</sup>	78,8 <sup>bc</sup>	79,2 <sup>bcd</sup>	77,3 <sup>a</sup>
Mn+Mz+Kw	12,1 <sup>abc</sup>	12,5 <sup>cd</sup>	13,0 <sup>e</sup>	0,62 <sup>d</sup>	0,56 <sup>c</sup>	0,50 <sup>a</sup>	106,4 <sup>a</sup>	105,2 <sup>b</sup>	99,1 <sup>de</sup>	78,8 <sup>bc</sup>	79,2 <sup>cd</sup>	78,2 <sup>b</sup>
LSD		0,49			0,04			1,09			0,74	
<b>Kiwi</b>												
Kw	13,8 <sup>a</sup>	15,1 <sup>b</sup>	15,0 <sup>b</sup>	1,33 <sup>c</sup>	1,18 <sup>bc</sup>	1,19 <sup>bc</sup>	115,4 <sup>ab</sup>	116,3 <sup>cd</sup>	116,0 <sup>bc</sup>	51,5 <sup>e</sup>	49,5 <sup>cd</sup>	50,3 <sup>de</sup>
Mn+Kw	13,8 <sup>a</sup>	14,0 <sup>a</sup>	14,3 <sup>ab</sup>	1,33 <sup>c</sup>	1,21 <sup>bc</sup>	1,18 <sup>bc</sup>	115,4 <sup>ab</sup>	115,5 <sup>ab</sup>	115,5 <sup>abc</sup>	51,5 <sup>e</sup>	47,7 <sup>bc</sup>	46,4 <sup>ab</sup>
Mz+Kw	13,8 <sup>a</sup>	13,7 <sup>a</sup>	14,3 <sup>ab</sup>	1,33 <sup>c</sup>	1,19 <sup>bc</sup>	1,19 <sup>bc</sup>	115,4 <sup>ab</sup>	116,9 <sup>d</sup>	116,3 <sup>cd</sup>	51,5 <sup>e</sup>	44,3 <sup>a</sup>	44,8 <sup>a</sup>
Mn+Mz+Kw	13,8 <sup>a</sup>	13,8 <sup>a</sup>	13,9 <sup>a</sup>	1,33 <sup>c</sup>	1,18 <sup>bc</sup>	1,10 <sup>ab</sup>	115,4 <sup>ab</sup>	115,0 <sup>a</sup>	116,6 <sup>bcd</sup>	51,5 <sup>e</sup>	47,3 <sup>bc</sup>	45,8 <sup>ab</sup>
LSD		0,82			0,19			0,95			1,99	

Fuente: elaboración propia.

### Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante

Se decidió seguir el estudio de la capacidad antioxidantes y los compuestos fenólicos con las combinaciones de Mn+Mz y Mn+Mz+Kw ya que fueron las que mostraron mejor comportamiento durante el almacenamiento (Figura 1).

Al inicio del almacenamiento los valores de fenoles totales (FT) fueron de 392, 441 y 867 mg gálico eq kg<sup>-1</sup> y la capacidad antioxidante total (TEAC) de 1113, 1604 y 1571 mg trolox eq kg<sup>-1</sup> para mandarina, manzana y kiwi respectivamente (Tabla 2).

En mandarina, el TEAC se redujo aproximadamente 10% hacia el final del almacenamiento sin diferencia entre las combinaciones de fruta. En cuanto a los FT, los mismos se mantuvieron constantes tanto en mandarina almacenada sola o en las combinaciones Mn+Mz y Mn+Mz+Kw (Tabla 2).

Tabla 2

A) Contenido de compuestos fenólicos y B) Capacidad antioxidante (TEAC) de cada fruta: mandarina (Mn), manzana (Mz) y kiwi (Kw) en los pots conteniendo fruta individual o las combinaciones seleccionadas (Mn+Mz, Mn+Mz+Kw) almacenados por 0 y 10 días a 5 °C.

Fruta analizada	Días a 5°C			
	Fenólicos (mg/Kg)		TEAC (mg/Kg)	
	0	10	0	10
<b>Mandarina</b>				
Mn	391,83 <sup>d</sup>	411,17 <sup>acd</sup>	1112,75 <sup>c</sup>	983,33 <sup>d</sup>
Mn+Mz	391,83 <sup>d</sup>	401,33 <sup>d</sup>	1112,75 <sup>c</sup>	1035,13 <sup>d</sup>
Mn+Mz+Kw	391,83 <sup>d</sup>	420,50 <sup>cd</sup>	1112,75 <sup>c</sup>	1026,96 <sup>d</sup>
<b>Manzana</b>				
Mz	441,18 <sup>a</sup>	352,82 <sup>b</sup>	1603,92 <sup>a</sup>	657,84 <sup>e</sup>
Mn+Mz	441,18 <sup>a</sup>	438,87 <sup>ac</sup>	1603,92 <sup>a</sup>	599,02 <sup>e</sup>
Mn+Mz+Kw	441,18 <sup>a</sup>	390,28 <sup>d</sup>	1603,92 <sup>a</sup>	629,41 <sup>e</sup>
<b>Kiwi</b>				
Kw	866,79 <sup>e</sup>	1007,6 <sup>f</sup>	1571,08 <sup>ab</sup>	1531,05 <sup>b</sup>
Mn+Mz+Kw	866,79 <sup>e</sup>	872,55 <sup>e</sup>	1571,08 <sup>ab</sup>	1522,06 <sup>b</sup>
LSD		32		44,2

Diferentes letras indican diferencias significativas basadas en un test de Fisher con un nivel de significancia <0,05.

Fuente: elaboración propia.

En Mz envasada en forma individual o combinada se observó un TEAC elevado a tiempo inicial que atribuimos al ácido ascórbico (AA) de la solución antipardeante aplicada. Luego de 10 días el TEAC se redujo a una tercera parte del valor inicial, probablemente por la degradación del AA llegando a valores próximos a 600 mg kg<sup>-1</sup> sin diferencias entre las diferentes combinaciones. En manzana Braeburn cortada y tratada por inmersión en solución de ascorbato de calcio también se observó un comportamiento similar (Aguayo y col., 2015). En la manzana almacenada sola se observó una disminución de FT de 25 % entre el inicio y el final del almacenamiento. También hubo una reducción en FT en la combinación de Mz+Mn+Kw, aunque más moderada. Probablemente la reducción en FT se deba a su utilización como sustratos de la enzima PPO (Chen y col., 2016). Sin embargo, la combinación Mn+Mz a los 10 días mantuvo el mismo contenido en FT que al inicio del almacenamiento. Esta tendencia en cuanto a FT coincidieron con los resultados descriptos en cuanto al cambio del color de los frutos (Tabla 1), en donde podemos observar que la manzana en la combinación Mn+Mz fue la que menor cambio de color sufrió durante el almacenamiento.

El Kw envasado individualmente o combinado comenzó con un nivel de TEAC próximo a los 1500 mg kg<sup>-1</sup>, manteniéndose sin variaciones al final del almacenamiento. Hubo un incremento de FT durante el almacenamiento de kiwi solo, probablemente relacionado con el incremento en la actividad PAL (Li y col., 2017).

## CONCLUSION

Los resultados hallados sugieren que la combinación de frutas frescas cortadas de manzana con mandarina llegó a los 10 días de almacenamiento a 5 °C y con mejor calidad que las respectivas frutas envasadas en forma individual. Esta combinación logró una atmósfera que no superó los 5 kPa de CO<sub>2</sub>. La combinación manzana con mandarina y kiwi también mostró ciertos beneficios, pero fue muy condicionada por la susceptibilidad del kiwi al deterioro. Esta información puede ser tenida en cuenta por la industria del mínimamente procesado a la hora de buscar un producto conveniente para el consumidor y al mismo tiempo con buena capacidad de conservación.

## REFERENCIAS

- Aguayo, E., Requejo-Jackman, C., Stanley, R., Woolf, A. 2015. Hot water treatment in combination with calcium ascorbate dips increases bioactive compounds and helps to maintain fresh-cut apple quality. *Postharvest Biology and Technology* 110: 158-165.
- Beever, D.J and Hopkirk, G. Fruit development and fruit physiology I.J. Warrington, G.C. Weston (Eds.), *Kiwifruit, Science and Management*. For the New Zealand Society of Horticultural Science, Ray Richards Publisher, Auckland (1990), pp. 97-12.
- Boquete, E.J., Trinchero, G.D., Fraschina, A.A., Vilella, F., Sozzi, G.O. 2004. Ripening of 'Hayward' kiwifruit treated with 1-methylcyclopropene after cold storage. *Postharvest Biology and Technology* Volume 32, Issue 1: 57-65.
- Chen, C., Hu, W., He, Y., Jiang, A., Zhang, R. 2016. Effect of citric acid combined with UV-C on the quality of fresh-cut apples. *Postharvest Biology and Technology* 111:126-131.
- Cortellino, G., Gobbi, S., Bianchi, G., Rizzolo, A. 2015. Modified atmosphere packaging for shelf life extension of fresh-cut apples. *Trends in Food Science & Technology* 46(2): 320-330.
- Damiani, C., Valério de Barros Vilas Boas, E., Moreira Pinto, D. 2008. Fresh-cut tangerine stored under two temperatures. *Ciências Agrotec Lavras* 32(1): 308-313.
- Del Caro, A., Piga, A., Vacca, V., Agabbio, M. 2004. Changes of flavonoids, vitamin C and antioxidant capacity in minimally processed citrus segments and juices during storage. *Food Chemistry* 84: 99-105.
- Del-Valle, V., Hernández-Muñoz, P., Catalá, R., Gavara, R. 2009. Optimization of an equilibrium modified atmosphere packaging (EMAP) for minimally processed mandarin segments. *Journal of Food Engineering* 91: 474-481.
- FAO. 2006. Enfoques: Más fruta y hortalizas. <http://www.fao.org/ag/esp/revista/0606sp2.htm>
- Fonseca, S. C., Oliveira, F. A. R., Brecht, J. K., 2002. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. *J Food Eng* 52: 99-119.



- Godoy, C., Domé, C., Monti, C. 2010. Determinación de índices de cosecha y calidad en kiwi en el sudeste bonaerense (Argentina). Rev. FCA UNCuyo 42(1): 53-72.
- Kader, A. 2005. Tecnología postcosecha de cultivos hortofrutícolas. Tercera Edición.
- Li H, Suo J., Han, Y., Liang, C., Jin, M, Zhang, Z., Rao, J. 2017. The effect of 1-methylcyclopropene, methyl jasmonate and methyl salicylate on lignin accumulation and gene expression in postharvest 'Xuxiang' kiwifruit during cold storage. Postharvest Biology and Technology, 124: 107-118.
- Mahajan, P.V., Luca, A., Edelenbos, M. 2014. Impact of mixtures of different fresh-cut fruits on respiration and ethylene production rates. Journal and Food Science 79(7): 1366-1371.
- Mastromatteo, M., Mastromatteo, M., Conte, A., Del Nobile, M.A. 2011. Combined effect of active coating and MAP to prolong the shelf life of minimally processed kiwifruit (*Actinidia deliciosa* cv. Hayward). Food Research International 44: 1224-1230.
- Manzocco, L., Da Pieve, S., Bertolini, A., Bartolomeoli I., Maifreni, M., Angelo Vianello, A., -Nicoli, M.C. 2011. Surface decontamination of fresh-cut apple by UV-C light exposure: Effects on structure, colour and sensory properties. Postharvest Biology and Technology 61: 165-171.
- Marsh, K., Attanayake, S., Walker, S., Gunson, A., Boldingh, H., Macrae, E. 2004. Acidity and taste in kiwifruit. Postharvest Biology and Technology 32: 159-168.
- Mitcham, E. J., Crisosto C. H., Kader, A. A. 2015. Indicadores Básicos en español: Manzana: Granny Smith. Recomendaciones para mantener la Calidad Postcosecha.
- Oliveira, M., Abadias, M., Usall, J., Torres, R., Teixido, N., Viñas, I. 2015. Application of modified atmosphere packaging as a safety approach to fresh-cut fruits and vegetables - A review. Trends in Food Science & Technology 46:13-26
- Piga, A., Gambella, F., Agabbio, M., Nicoli, M. C. 2002. Retention of antioxidant activity in minimally processed mandarin and satsuma fruits. Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie 35: 344-347.
- Rico, D., Martin-Diana, A. B., Barat, J. M., Barry-Ryan, C., 2007. Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: a review. Trends in food Science & Technology. 18:373-386.
- Rojas-Graü, M.A., Grasa-Guillem, R., Martín-Belloso, O. (2007), Quality Changes in Fresh-Cut Fuji Apple as Affected by Ripeness Stage, Antibrowning Agents, and Storage Atmosphere. Journal of Food Science, 72: S036-S043.
- Santos, L.O., Durigan, J.F., Martins, R.N., Durigan, M.F.B., Stuchi, E.S. 2012. Postharvest storage of 'ponkan', 'Satsuma Okitusu' and 'Fremont' tangerines and their minimally processed products using refrigeration and controlled atmosphere. Acta Horticulturae 934: 583-590.
- Tapia Durán, M. 2012. Estudio de factores fisiológicos del kiwi (*Actinidia deliciosa*) variedad Hayward, y sus efectos en la textura durante el almacenamiento. Disponible en <http://www.repositorio.uchile.cl/handle/2250/112182>



- Toivonen, P.M.A. y Brummel, D.A. 2008. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*. 48: 1–14.
- Toranzo, J. 2015. Cosecha de peras y manzanas. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Centro Regional Patagonia Norte Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle Ruta Nacional 22, km 1190, Allen, Río Negro, Argentina. Ediciones INTA
- Varoquaux, P and Wiley, R. 1994. Biological and biochemical changes in minimally processed refrigerated fruits and vegetables. R.C. Wiley (Ed.), *Minimally processed refrigerated fruits and vegetables*, Chapman and Hall, New York, USA, pp: 226-268.
- Zaro, M.J., Keunchkarian, S., Chaves, A.R., Vicente, A.R., Concellón, A. 2014. Changes in bioactive compounds and response to postharvest storage conditions in purple eggplants as affected by fruit developmental stage. *Postharvest Biology and Technology* 96: 110-117.

## Notas de autor

- 1 CIDCA (Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos), CONICET- CCT La Plata, UNLP. 47 y 116 s/n. La Plata, Argentina.
- 2 LIPA (Laboratorio de Investigación en Productos Agroindustriales) Fac. Cs Agrarias y Forestales-UNLP. 60 y 119, La Plata, Argentina

laurilemoine@yahoo.com